

Titel: Verfahren zur Herstellung von Ventilsitzen und Ventil

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Ventil und ein Verfahren zur Herstellung von Ventilsitzen.

Ein Ventil wird allgemein von einem Ventilsitz, der eine Durchgangsbohrung umgibt, und einem Ventilverschlussglied gebildet, das im "Ventil offen"-Zustand den Fluss eines Mediums durch die Durchgangsbohrung freigibt und diese im "Ventil geschlossen"-Zustand verschließt. Ventilsitze werden in der Praxis oft mit kegeliger Dichtfläche hergestellt, an welcher die ebenfalls kegelig ausgebildete Ventilnadel, die das Ventilverschlussglied bildet, vollflächig anliegt. Selbst bei hoher Bearbeitungsgenauigkeit ist eine hohe Dichtigkeit bei Drücken über einigen 100 bar meist nicht gegeben. Ursache ist unter anderem, dass die Bearbeitung, die durch Schleifen erfolgt, bedingt, dass ein Schleifkörper eine Rotations- und eine Translationsbewegung ausführt. Dadurch entstehen Riefen mit einer gewissen Steigung und somit ein Labyrinth kommunizierender Riefen, durch welche hindurch eine Leckage stattfindet.

Aus der EP 0 955 128 B1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Dichtsitzes zwischen einer Ventilkugel und einem Ventilkörper mit konischem Ventilsitz bekannt. Dabei wird ein Ventilkörper mit einem konisch geschliffenen Ventilsitz für die Ventilkugel (Ventilverschlussglied) in einem rotierend antreibbaren Werkstückhalter eingespannt. Ein zylindrischer Schleifstein wird für eine Feinschleifbearbeitung mit einem Einsatz, der radiale Bewegungen des Schleifsteins zulässt, in den

BESTÄTIGUNGSKOPIE

Werkzeughalter eingesetzt, der unter einem Anstellwinkel von 1° bis 10° schräg zur Rotationsachse in einen Werkstückhalters eingesetzt ist, wodurch eine im Längsschnitt kreisbogenförmige Ventilsitzfläche in den konischen Ventilsitz eingearbeitet wird. Durch dieses Verfahren entsteht eine Sitzfläche, in die sich die Dichtkugel muldenartig eingräbt. Linienkontakt soll vermieden werden. Daher ist die Kontaktfläche relativ groß. Der an der von der Sitzfläche kontaktierten Teilfläche der Kugel anliegende Druck ist daher entsprechend gering.

Aus der DE 197 57 117 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Ventilsitzkörpers für ein Brennstoffeinspritzventil bekannt, bei dem der Ventilsitzbereich und Führungsabschnitte gleichzeitig mittels eines Bearbeitungswerkzeugs in Form einer Masterkugel bearbeitet werden. Eine linienförmige Abdichtungsfläche des Sitzes zur Kugel wird dadurch erreicht, dass ein schmaler Wulst im Ventilsitz vorgesehen ist, der ca. 0,1 mm über die umgebende Fläche erhaben ist. Diese Maßnahmen erfordern teure Bearbeitungsschritte; wird der Wulst auch nur minimal beschädigt, etwa durch kleinste Metallpartikel, ist das Ventil undicht. Aus der DE 44 416 23 ist ein Verfahren zum Schleifen von kegeligen Ventilsitzen bekannt, bei dem die Durchgangsbohrung gehont wird, die dann als Führung für das Werkzeug zum Honen des kegeligen Ventilsitzes dient.

Weitere bekannte Verfahren zur Bearbeitung von Ventilflächen beziehungsweise Ventilen sind aus der US 5 954 312 A, der US 2002/0040523 A1 und der DE 100 46 304 C1 bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Ventil mit verbesserten Dichteigenschaften und ein verbessertes Verfahren zur Herstellung solcher Ventilsitze zu schaffen. Insbesondere soll ein Kriechen des abzudichtenden Mediums durch die Bearbeitungsriefen verhindert und dadurch die

Dichtwirkung verbessert werden.

Diese Aufgabe wird durch ein Ventil mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

Die erfindungsgemäß vorgesehene Vielzahl konzentrischer Profilerhebungen der Ventilsitzfläche erfahren beim Andrücken an das Ventilverschlussglied eine elastische Verformung, da die Rauhtiefe des Ventilverschlussglieds deutlich niedriger als die der Ventilsitzfläche ist. Durch diese elastische Verformung entstehen schmale konzentrische Ventilsitzflächen, die eine Leckage durch Kriechen des Mediums entlang der Bearbeitungsriefen des Ventilsitzes deutlich verringern, so dass die evtl. noch stattfindenden Leckagen im Toleranzbereich bleiben. Die genannten Profilerhebungen werden durch das erfindungsgemäße Verfahren geschaffen.

Es ergeben sich dabei erhebliche Vorteile, u. a. bei Einspritzpumpen für Motoren. In einem Einspritzpumpengehäuse mit mehreren Ventilsitzen ist die Dichtheit gegenüber einem Systemdruck von bis zu über 2000 bar der entscheidende Funktionsparameter. Die Dichtheit wird allgemein definiert als Leckagemenge je Zeiteinheit unter bestimmten Betriebsbedingungen wie Druck, Temperatur und Dichte des Mediums.

Bei Verwendung einer Kugel als Ventilverschlussglied erfolgt erfindungsgemäß ein Anliegen entlang mehreren konzentrischen, schmalen und daher praktisch linienförmigen Dichtflächen. Es entsteht eine hohe Flächenpressung und damit eine elastische Verformung der einzelnen Profilerhebungen des Ventilsitzes, an denen die Kugel anliegt. Geometrisch ist dies durch sehr hohe Rundheitsanforderungen an die Kugel von unter 1,0 µm möglich. Innerhalb dieser Toleranz kann die Elastizität der

Profilerhebungen auch mögliche Makroformfehler der Rundheit ausgleichen.

Das beschriebene und beanspruchte Verfahren ergibt konzentrische Bearbeitungsriefen an der Ventilsitzfläche. Sie haben die gleiche Verlaufsrichtung wie der Anlagekreis der Kugel. Die Bearbeitungsriefen ebenso wie die dazwischen beim Honen entstehenden Profilerhebungen weisen keine Steigung senkrecht zur linienförmigen Anlagefläche der Kugel beziehungsweise des Ventilverschlussgliedes an der Ventilsitzfläche mehr auf. In spiralförmigen Riefen laufende Leckageströme sind damit ausgeschlossen. Für die Dichtheit ist die Konzentrizität der Profilerhebungen, eine hohe Rundheit der Kugel und die elastische Verformbarkeit der Profilerhebungen des Ventilsitzes wichtig.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird das Honschleifen in mehreren aufeinander folgenden Operationen durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass in jeder Operation angepasste Bearbeitungsbedingungen wie beispielsweise unterschiedliche Werkzeuge zum Einsatz kommen können. Dabei ist es insbesondere zweckmäßig, dass in jeder Operation die Rauheitsprofile der vorhergehenden Honschleif-Operation mit einem Werkzeug mit feinerem Schneidkorn abgetragen werden. Darüber hinaus ist es vorteilhaft, dass das Werkzeug periodisch außer Arbeitseingriff gebracht und die Bearbeitungsstelle mit Kühlschmierstoff angeströmt und das anhaftende abgetragene Material abgeführt wird. Dies ergibt eine besonders wirksame Kühlung und Schmierung in dem zu bearbeitenden Bereich.

Es hat sich gezeigt, dass in Anpassung an die jeweiligen Bearbeitungsbedingungen unterschiedliche Drehzahlen des Werkzeugs zweckmäßig sind, wobei das Werkzeug beim Honschleifen mit einer Drehzahl von 500 min^{-1} bis 6000 min^{-1}

rotiert. Im Anschluss an die Honschleifbearbeitung kann eine Entgratbearbeitung erfolgen, insbesondere mit Diamantsplintwerkzeugen und/oder schleifkornhaltigen Bürsten. Um den zunächst in die kegelige Grundform gebrachten Ventilsitz in geeigneter Weise durch das Honschleifen bearbeiten zu können, ist es zweckmäßig, durch die Vorbearbeitung ein solches Maß vorzugeben, das im Bearbeitungsschritt der Feinbearbeitung eine axiale Zugabe des Materials am Ventilsitz von ca. 50 µm bis 90 µm abgetragen wird. Entscheidend ist die axiale Zugabe, die das Vorbearbeitungsprofil vollständig abträgt.

Bei der Feinbearbeitung kann es durchaus vorkommen, dass die Achse der rotierenden Spindel der Bearbeitungsmaschine nicht absolut identisch mit der Achse des Ventilsitzes ist. Es wird daher als vorteilhaft angesehen, dass während des Honschleifens der Kopf des Werkzeugs bezogen auf die Werkzeugaufnahme ausgelenkt wird. Die Auslenkung kann dabei durch Schwenken des Werkzeugs um einen Gelenkpunkt der Werkzeugaufnahme oder durch elastische Verformung eines Werkzeugschaftes erfolgen. Um die Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erhöhen, kann es zweckmäßig sein, dass beim Honschleifen das Werkzeug und das Werkstück gegenläufig angetrieben und bewegt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung eines Ventils,

Figur 2 eine bearbeitete Sitzfläche in vergrößerter Darstellung,

Figur 3 die schematische Darstellung eines Schnitts durch

einen Ventilsitz und einer Kugel als
Ventilschließglied in der geöffneten Stellung,

Figur 4 eine Darstellung gemäß Figur 3 in der geschlossenen
Stellung,

Figur 5 die Seitenansicht eines Werkzeugs mit kegeliger
Arbeitsfläche,

Figur 6 einen Schnitt durch das Werkzeug gemäß Figur 5,

Figur 7 eine vergrößerte Darstellung eines Abschnitts der
Arbeitsfläche am Werkzeug gemäß Figur 5,

Figur 8 die Struktur eines mehrschichtigen, im Hochvakuum
verlöteten Schleifkörpers;

Figuren 9(a), 9(b), 9(c) einen keramischen oder metallisch
gebundenen mehrschichtigen Schleifkörper in
schematischer Darstellung im scharfen Zustand vor
Abnutzung (Figur 9(a)), in abgenutztem Zustand
(Figur 9(b)) und in durch Abrichten erneut scharfem
Zustand (Figur 9(c)),

Figur 10 eine perspektivische Ansicht eines Abrichtvorganges,
bei dem ein abgenutzter mehrschichtiger
Schleifkörper mittels einer Abrichtscheibe
abgerichtet wird,

Figur 11 eine Ansicht in Richtung der Pfeile XI-XI in Figur
10,

Figur 12 ein Werkzeug mit einer elastischen Gelenkstelle im Werkzeugschaft,

Figur 13 eine schematische Darstellung eines Werkzeugs für die Bearbeitung einer ebenen Dichtfläche,

Figur 14 ein Ventil mit einer nach Figur 14 bearbeiteten Dichtfläche.

In Figur 1 ist eine Prinzipdarstellung eines Längsschnittes durch ein Ventil 1 gezeigt. Das Ventil 1 besteht aus einem Gehäuse 2, in dem eine Ventilkammer 3 gebildet ist. Die Ventilkammer 3 wird auf einer Seite von einem keglig gestalteten Ventilsitz 4 begrenzt, wobei in der in Figur 1 gezeigten Ausführung der Kegelwinkel 90° beträgt. In der Mitte des Ventilsitzes 4 befindet sich die Durchgangsbohrung 25. Selbstverständlich kommen auch hiervon abweichende Kegelwinkel in Betracht (siehe auch abweichend davon Figur 13). In der Ventilkammer 3 befindet sich ein Ventilschließglied 5, das im vorliegenden Fall eine Kugel ist. Die Kugel ist in der Ventilkammer 3 beweglich gehalten und kann vom Ventilsitz 4 abgehoben werden, wodurch das Ventil 1 geöffnet wird. Die in Figur 1 gezeigte Darstellung zeigt den geschlossenen Zustand des Ventils. Mit dem Bezugszeichen LA ist die Längsachse durch die Durchgangsbohrung 25 bezeichnet.

In Figur 2 ist ein Ausschnitt einer mittels Honen bearbeiteten Fläche des Ventilsitzes 4 in vergrößerter Darstellung gezeigt, wobei eine Vielzahl von kreisbogenförmigen Riefen 6 und Profilerhebungen 7 sichtbar sind, die in Gänze kreisförmig und konzentrisch ausgebildet sind. Die Konzentrizität bezieht sich auf die Längsachse LA des Ventils 1. Die Riefen 6 und die Profilerhebungen 7

entstehen bei der Feinbearbeitung durch Honschleifen, wobei gerade die Tatsache, dass sich beim Honen zwischen den durch die Bearbeitung entstehenden Riefen die Profilerhebungen ausbilden, ausgenutzt wird. Die Rundheit des kegelligen Ventilsitzes nach dem Honschleifen ist $1,0\text{ }\mu\text{m}$ oder kleiner.

In Figur 3 ist die prinzipielle Ausgestaltung des Ventilsitzes 4 mit Riefen 6 und Profilerhebungen 7 als Längsschnitt dargestellt. Die als Ventilschließglied 5 dienende Kugel befindet sich in einem Abstand zum Ventilsitz 4, so dass das Ventil geöffnet ist. Der Ventilsitz 4 weist eine Vielzahl von konzentrisch zur Längsachse LA verlaufende Riefen 6 und Profilerhebungen 7 auf. Sie haben eine bestimmte Rauhtiefe, die unter anderem dadurch gegeben ist, dass die Profilerhebungen 7 unterschiedlich weit vorstehen. Die Rauheit R_z der bearbeiteten Fläche des Ventilsitzes 4 beträgt nach dem Honschleifen beispielsweise $4 - 8\text{ }\mu\text{m}$. Die Rauheit des Ventilsitzes muss so groß sein, dass eine elastische Verformung der Profilspitzen möglich ist, durch die, wie im nachstehenden Abschnitt erläutert, eine verbesserte Abdichtung mit einem angedrückten Ventilschließglied entsteht und auch Rundheitsfehler ausgeglichen werden. Die Rauheit R_z der Kugel, die in Figur 3 und 4 das Ventilschließglied 5 bildet, muss deutlich kleiner sein als die Rauheit der Oberfläche des Ventilsitzes 4. Sie beträgt beispielsweise ca. $1\text{ }\mu\text{m } R_z$.

Die Figur 4 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 3, jedoch im geschlossenen Zustand des Ventils, das heißt, dass das Ventilschließglied 5 gegen den Ventilsitz 4 gedrückt wird. Dabei liegt die Kugel 5 mit ihrer Oberfläche, die eine geringere Rauhtiefe als der Ventilsitz 4 hat, an mehreren Profilerhebungen 7 an, wobei dies im gezeigten Ausführungsbeispiel fünf Profilerhebungen 7 sind. Diese Anlage an mehreren Profilerhebungen 7 ist dadurch möglich,

dass aufgrund der Gestaltung der Profilerhebungen 7 diese eine gewisse Elastizität aufweisen und somit infolge der durch die Kugel 5 einwirkenden Kraft im Bereich ihrer Elastizität verformt werden. Dadurch werden mehrere konzentrische Abdichtungen erzeugt, wodurch eine äußerst große Dichtheit beziehungsweise äußerst geringe Leckrate erreicht wird. Ein Kriechen des Mediums von innen nach außen durch die Riefen als Folge eines chaotischen oder spiralförmigen Verlaufs der Riefen 6 ist nicht mehr möglich.

In Figur 5 ist ein Werkzeug 8 zur Feinbearbeitung des Ventilsitzes 4 gezeigt. Der Verfahrensschritt der Feinbearbeitung ist ein Honschleifen, das nachstehend noch näher erläutert ist. Das Werkzeug 8 umfasst einen Werkzeugkopf 9 und eine Werkzeugaufnahme 10, wobei letztere an dem dem Werkzeugkopf 9 entgegengesetzten Ende eines Werkzeugschaftes 11 angeordnet ist. Der Werkzeugkopf 9 hat eine kegelige Mantelfläche 15, wobei die Form des Kegels derjenigen des Ventilsitzes 4 entspricht. Der Werkzeugkopf 9 ist mit Schneidkorn 12 besetzt, wobei in bekannter Weise als Schneidkorn Diamant, kubisches Bohrnitrit, Siliziumkarbid oder Aluminiumoxyd verwendet wird. Die Mantellinien der kegeligen Arbeitsflächen können gerade (wie in Figur 5), konvex oder konkav sein. Durch konvex gewölbte Konturen der Mantellinien lässt sich die Gratbildung an den Kanten der Sitzfläche reduzieren. Der Kornüberstand, das heißt die Höhe, mit der die Schneidkörner über das sie umgebende Bindungsmaterial hervorragen, ist so bemessen, dass die Profiltiefe der am Ventilsitz erzeugten Riefen 6 derart ist, dass die zwischen ihnen sich ausbildenden Profilerhebungen 7 bei Kontakt mit einem Ventilschließglied 5 sich elastisch so verformen, dass die oben beschriebene Abdichtung und auch ein Ausgleich des Rundheitsfehlers erfolgt.

Figur 6 zeigt einen Längsschnitt durch das Werkzeug 8, woraus ersichtlich ist, dass sich in dem Werkzeugkörper ein

Kanal 13 für Kühl- und/oder Schmiermittel befindet, der mehrere Auslässe 14 im Bereich der kegeligen Fläche 15 besitzt.

Die Figur 7 zeigt eine vergrößerte Darstellung eines Abschnitts der kegeligen Arbeitsfläche 15 des kegeligen Werkzeugs 8. Es ist ersichtlich, dass an der Außenseite eine Vielzahl von Schneidkörnern 12 eingelagert sind. Ebenso sind Längsschlitze 20 erkennbar, die zur Versorgung der Bearbeitungsstelle mit Kühlschmierstoff vorgesehen sind.

Der Ventilsitz 4 wird zunächst vorbearbeitet, zum Beispiel gehärtet und spanend bearbeitet. Die spanende Bearbeitung nach dem Härten kann bei geringen Härteverzügen auch entfallen. Danach erfolgt die Feinbearbeitung mit Hilfe des in Figur 5 bis 7 gezeigten Werkzeugs 8. Die Kinematik des Verfahrens besteht in der Rotation des Werkzeugs unter Anlage der Arbeitsfläche 15 des Werkzeugs an der kegeligen Fläche, die nach Bearbeitung den Ventilsitz 4 bildet.

Das Werkzeug 8 wird entsprechend dem fortschreitenden Abtrag axial nachgeführt. Dabei ist es vorteilhaft, das Werkzeug periodisch außer Arbeitseingriff zu bringen, um die Bearbeitungsstelle mit Kühlschmierstoff zur Kühlung, Spülung und Schmierung anzuströmen. Dies ist mittels einer Stelleinrichtung des Werkzeugs sowohl kraft- als auch weggeführt möglich. Die axiale Zustellkraft des Werkzeugs wird prozessgerecht gesteuert und damit auch die Abtragshöhe werden überwacht. Eine Anlage des Werkzeugs durch Federkraft ist grundsätzlich auch möglich. Die Feinbearbeitung wird in mehreren Operationen als Honschleifen der Kegelsitze durchgeführt. In jeder Operation werden die Form- und Rauheitsprofile von der vorhergehenden Honschleifoperation mit einem feineren Schneidkorn vollständig abgetragen. Die letzte Operation dient zur Schaffung eines - wie oben beschrieben - funktionsgerechten Oberflächenprofils. Die

vorausgehenden Operationen dienen zum Abtragen des Formfehlers der Vorbearbeitung. Dies führt sukzessiv zu feineren Oberflächen. Aufgrund der Kinematik entstehen die in den Figuren 2 bis 4 dargestellten konzentrischen Riefen 6 und die zwischen den Riefen befindlichen Profilerhebungen 7. Nach der Honschleifbearbeitung erfolgt noch ein Entgraten, bei dem zum Beispiel mit Diamantsplintengratwerkzeugen und/oder schleifkornhaltigen Bürsten gearbeitet wird.

Die Steuerung der Zustellung kann beispielsweise durch eine elektromechanische Stelleinrichtung erfolgen. Zunächst fährt die Spindeleinheit im Eilvorlauf in die axiale Nähe der künftigen Arbeitsposition. Damit befindet sich das Werkzeug kurz vor dem Werkstück, wobei dieser Sicherheitsabstand von der Spindel mit geringer Geschwindigkeit durchfahren wird. Sobald das Werkzeug an die Bearbeitungsfläche des Werkstücks stößt, steigt die axiale Anlagekraft auf den gewünschten Arbeitswert an. Diese Position wird auf "0" gesetzt und das Werkzeug in Rotation versetzt, so dass der Bearbeitungsmodus gestartet wird. Der Abtrag in axialer Richtung während einer Bearbeitungsoperation soll sich in der vorgegebenen Taktzeit vollziehen. Die Steuerung der Stelleinrichtung ermittelt den Abtrag sowie die dazu benötigte Zeit beziehungsweise die Bearbeitungsgeschwindigkeit. Wird der Sollabtrag in der gewünschten Zeit nicht erreicht, dann erhöht sich automatisch die Kraft bei der Bearbeitung des nächsten Werkstücks.

Das vorstehend beschriebene Verfahren ermöglicht die Herstellung von Ventilsitzflächen mit hohen Dichtheiten durch die Topographie des Rauheitsprofils und durch die damit erzielten äußerst geringen Rundheitsabweichungen des Ventilsitzes 4.

Grundsätzlich kann man, wie sonst beim Honen auch, einen einschichtigen Diamantbelag oder einen cBN-Schneidbelag (cBN

= kubisches Bornitrit) verwenden. Beide sind mit einer galvanischen Bindung aufgebaut. Der Verschleißmechanismus eines solchen einschichtigen galvanischen Schneidbelages besteht darin, dass aus einer Nickelmatrix Schneidkristalle erhaben herausragen und so spanabhebend im Werkstück zum Einsatz kommen. Nachteilig daran ist allerdings, dass die Schneidkristalle mit zunehmendem Gebrauch abstumpfen. Die Zustellkraft muss daher, um jeweils gleiche Eindringtiefe zu erreichen, stets erhöht werden. Das Werkzeug ist endgültig verschlissen, wenn die erhabenen Schneidkristalle weitgehend abgetragen sind.

Bei einem mehrschichtigen Belag hingegen sind die Schneidkristalle dreidimensional in einer Bindematrix angeordnet. Es handelt sich dabei meist um gesinterte oder durch Hoch-Vakuum-Löten (HVL) hergestellte metallische Bindungen mit Diamant- oder cBN-Korn. Figur 8 zeigt den Aufbau eines solchen HVL-Schneidkörpers 30 aus Schneidkristallen 21, mineralischen Füllstoffpartikeln 22, Lötverbindungen 23 und einer metallischen Bindephase 24, zum Beispiel Silberlot.

Der umlaufenden Schnittspur entsprechend, die durch die Werkzeugkinematik vorgegeben ist, entsteht beim Schleifen kein Selbstschärfungseffekt, allenfalls bei einem Drehrichtungswechsel. Bei einem mehrschichtigen Belag muss man daher in bestimmten zeitlichen Abständen durch einen Abrichtvorgang die Bindung zurücksetzen. Figur 9(a) zeigt den nicht abgenutzten Schneidkörper, Figur 9(b) den abgenutzten Schneidkörper, der abgerichtet werden muss.

Die Figuren 10 und 11 zeigen einen derartigen Abrichtvorgang. Demgemäß ist eine Abrichtscheibe 40 vorgesehen, in deren Belag Diamantkristalle 41 eingelagert sind. Die Abrichtscheibe 40 wird in Richtung des Pfeiles 42 durch eine Antriebseinrichtung (nicht gezeigt) gedreht.

Der mit einem Schneidbelag 41 versehene Schneidkörper 30 hat beim Abrichten mit seiner Drehachse 46 gegenüber der Drehachse 47 der Abrichtscheibe 40 eine Schrägstellung entsprechend dem angestrebten Kegelwinkel des Werkzeugs. Der Schneidkörper 30 wird, wie durch den Pfeil 48 angedeutet, so gedreht, dass sein kegelter Schneidbelag 30' an der Stelle seiner Berührung mit der Abrichtscheibe 40 zu dieser gegenläufig bewegt wird. Figur 9(c) zeigt den abgerichteten und damit neu angeschärften Schneidkörper 30 (die ursprüngliche Kontur ist gestrichelt eingezeichnet).

Bei mehrschichtigen Schleifwerkzeugen mit Diamant- oder cBN-Korn werden als Abrichtscheiben 40 keramische Scheiben mit einer Korngröße, die kleiner als die Korngröße des Werkzeugs ist, und einer Schnittgeschwindigkeit von 1 - 3 m/s verwendet. Keramisch gebundene Siliciumkarbid- oder Korund-Werkzeuge werden dagegen mit einer Diamantscheibe abgerichtet, deren Korngröße D 181 - D 426 beträgt.

Figur 12 zeigt ein Werkzeug für die Bearbeitung von kegelige Ventilsitzes 55, bei denen auch - als Folge nicht vollkommen exakt möglicher Herstellung - noch eine gewisse Schräglage der Achse LA des Ventilsitzes 55 gegenüber der Drehachse 60 um einen Winkel α gegeben ist. Die Drehachse 60 ist die Achse, um die das Werkzeug 51, das mit seinem Ende 61 in einer Werkzeugaufnahme (nicht gezeigt) eingespannt ist, von dieser gedreht wird. Um die Schräglage α auszugleichen, weist das Werkzeug 51 in Form einer Einschnürung ein Biegegelenk 50 auf, das während der Drehung eine Anpassung des Schneidkörpers 52 an den Ventilsitz erlaubt. Dabei sei darauf hingewiesen, dass der Winkel α normalerweise im Bereich weniger Winkelminuten liegt. Das kann durch eine elastische Biegung um eine solche Sollbiegestelle kompensiert werden.

Figur 13 zeigt ein ebenfalls weiteres Ausführungsbeispiel,

bei dem das Werkzeug 71 mit einem Biegegelenk 70 versehen ist, das am unteren Ende des Schneidkörpers 72 angebracht ist. Die Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels ist ferner, dass hier die Fläche des Ventilsitzes 75, die den Kanal 73 umgibt, eben ist. Auch hier entstehen konzentrische Riefen und dazwischen Profilerhebungen, die dazu geeignet sind, sich beim Anliegen eines ebenen Ventilschließgliedes 74 mit ebener Fläche elastisch zu verformen und konzentrische praktisch linienförmige Dichtflächen zu bilden. Für ein einwandfreies Funktionieren des Ventils ist wichtig, dass das Werkzeug die gesamte Ventilsitzfläche überdeckt und dass - anders als beim Schleifen - keine Vorschubbewegung parallel zur zu bearbeitenden Ventilsitzfläche stattfindet, da sonst keine konzentrischen Riefen und Profilerhebungen erzeugt werden.

Entsprechend den Auslenkhebelverhältnissen ist bei dem Planwerkzeug nach Figur 13 das Biegegelenk 70 möglichst weit unten angeordnet, während es bei dem Werkzeug mit kegeligem Schneidkörper, zum Beispiel nach Figur 12, da diese durch eine horizontale Normalkraft ausgelenkt werden, möglichst weit oben angeordnet ist.

Patentansprüche

1. Ventil mit einem Ventilsitz, der für das zu steuernde Medium mit einem Kanal durchsetzt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche (4, 55, 75) des Ventilsitzes (4) mehrere konzentrisch verlaufende Riefen (6) mit zwischen diesen ausgebildeten Profilerhebungen (7) aufweist, wobei die durch die Riefen und die Profilerhebungen gegebene Rauheit der Fläche des Ventilsitzes größer ist als die Rauheit der Fläche des Ventilschließgliedes, und die Spitzen der Profilerhebungen (7) beim Schließen des Ventils durch dieses elastisch verformbar sind und eine Vielzahl konzentrischer Dichtflächen bilden.
2. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rauheit (R_z) der Fläche des Ventilsitzes $< 8 \mu\text{m}$ beträgt.
3. Ventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rauheit der Fläche des Ventilsitzes (R_z) ca. $1 \mu\text{m}$ beträgt.
4. Ventil nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Fläche des Ventilsitzes (4, 55) die sich verjüngende konische Form eines Kegels hat.
5. Ventil nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Riefen (6) und Profilerhebungen (7) auf der Fläche des Ventilsitzes durch Honen ohne parallel zu dieser Fläche stattfindendem Vorschub erzeugt werden.
6. Ventil nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, dass beim Honen die Fläche des Honwerkzeugs die gesamte Fläche des Ventilsitzes, der

beim Schließen des Ventils mit dem Ventilschließglied in Kontakt kommt, überdeckt.

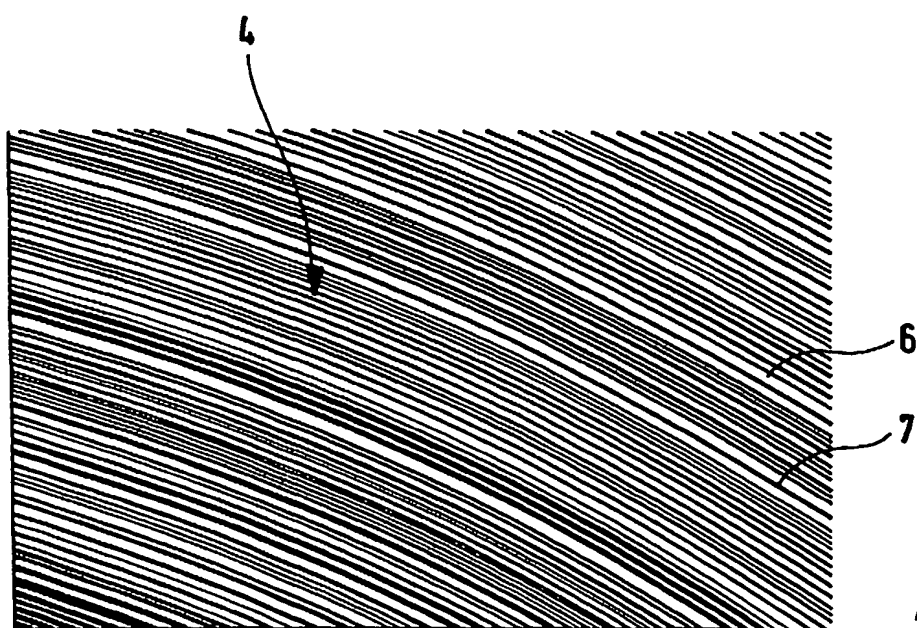
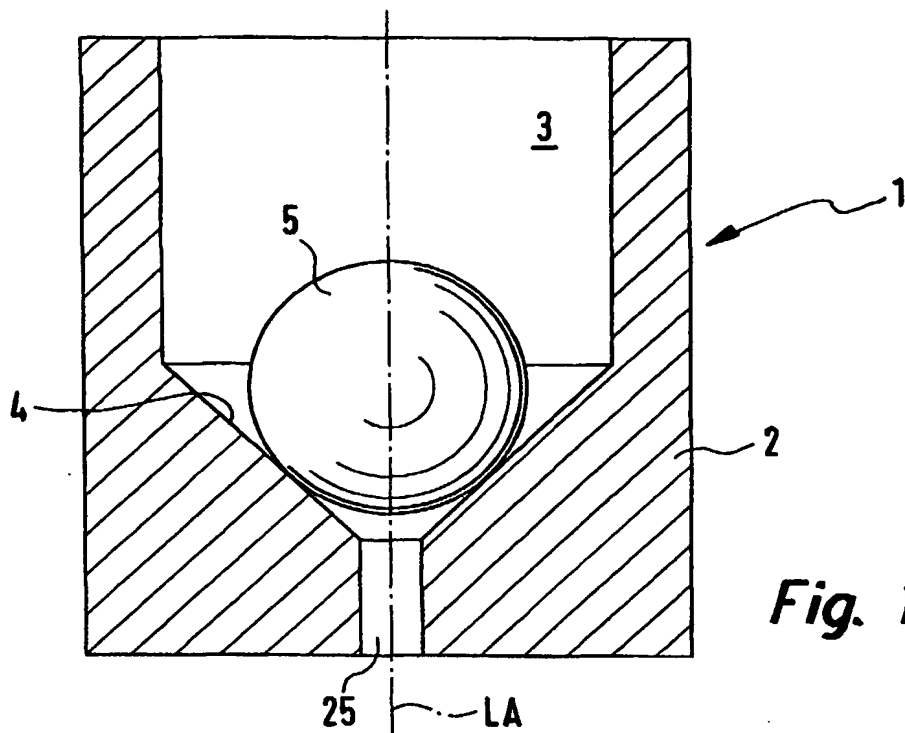
7. Ventil nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilschließglied eine Kugel (5) ist.
8. Ventil nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventilschließglied (74) eine ebene Dichtfläche (74') aufweist.
9. Ventil nach einem der Ansprüche 4 - 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Rundheitsgenauigkeit der Profilerhebungen (7) beziehungsweise der Riefen (6) $\leq 2,0 \mu\text{m}$ beträgt.
10. Ventil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ebenheitsgenauigkeit der Profilerhebungen $< 4 \mu\text{m}$ beträgt.
11. Verfahren zur Herstellung eines Ventilsitzes (4, 55, 75), der eine Ventilsitzfläche aufweist, die in einem Bearbeitungsschritt einer Feinbearbeitung unterworfen wird und in einem Ventil mit einem Ventilschließglied zusammenwirkt, dadurch gekennzeichnet, dass die Feinbearbeitung ein Honschleifen ist und mittels eines Werkzeugs (8) durchgeführt wird, das an seinem Werkzeugkopf (9) entsprechend der Ventilsitzfläche gestaltet ist, wobei das Werkzeug (8) rotierend angetrieben wird, und mittels am Werkzeugkopf (9) befindlichem Schneidkorn (12) auf der Ventilsitzfläche konzentrisch verlaufende Bearbeitungsriefen (6) erzeugt werden, wobei der Kornüberstand am Werkzeugkopf (9) so bemessen ist, dass die Profiltiefe so groß ist, dass eine elastische Verformung der zwischen den Bearbeitungsriefen (6) sich ausbildenden Profilerhebungen (7) bei Anliegen eines Ventilschließgliedes an der Ventilsitzfläche mehrere

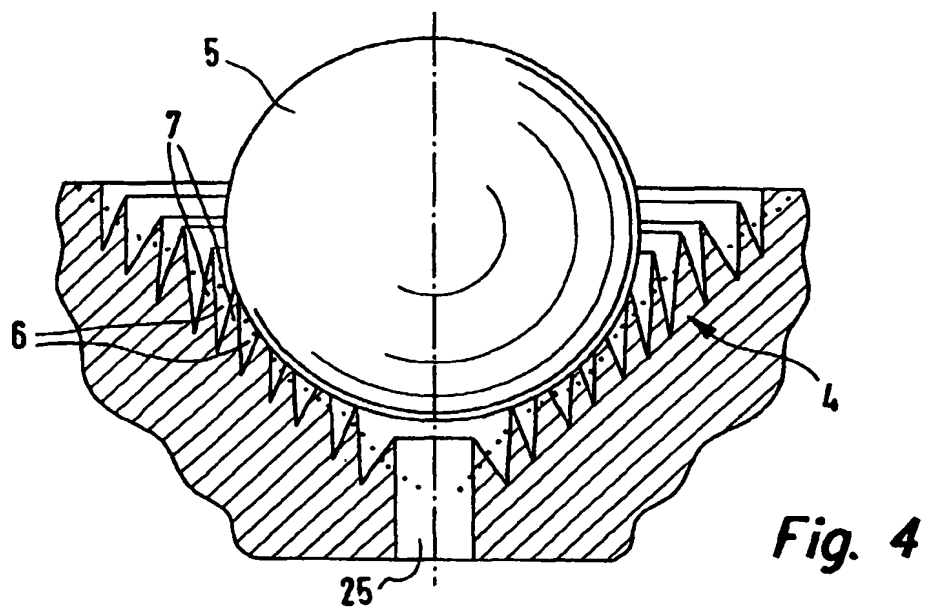
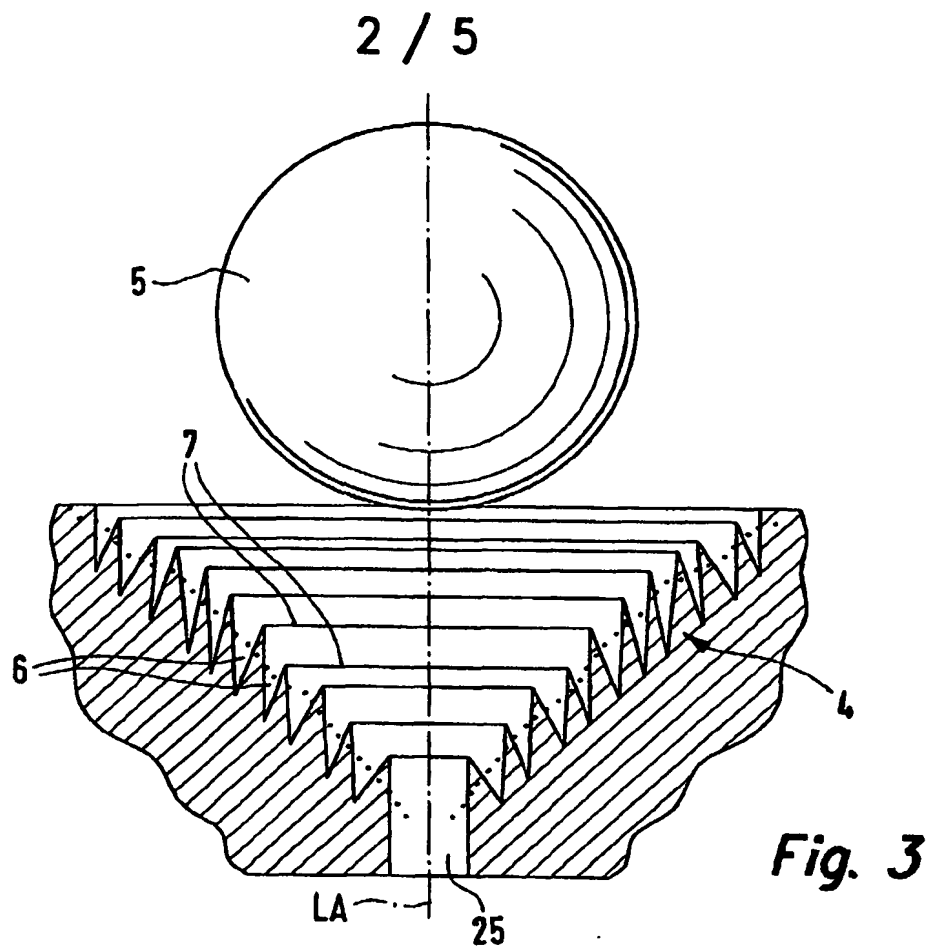
schmale konzentrische Dichtflächen erzeugt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilsitz (4, 55) eine kegelige Form aufweist, wobei zunächst die kegelige Grundform in einem Bearbeitungsschritt erzeugt wird und später in einem weiteren Bearbeitungsschritt einer Feinbearbeitung des Ventilsitzes (4) an der Kegelform erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass die Feinbearbeitung ein Honschleifen ist und mittels eines Werkzeugs (8) durchgeführt wird, das an seinem Werkzeugkopf (9) kegelformfüllend gestaltet und mit Mitteln zur Kühlschmierstoffzufuhr (13, 14) versehen ist, wobei das Werkzeug (8) rotierend angetrieben wird und mittels am Werkzeugkopf (9) befindlichem Schneidkorn (12) auf der Ventilsitzfläche konzentrisch zur Kegelform verlaufende Bearbeitungsriefen (6) erzeugt werden, wobei der Kornüberstand am Werkzeugkopf (9) so bemessen ist, dass die Profiltiefe so groß ist, dass eine elastische Verformung zum Ausgleich des Rundheitsfehlers führt.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Honschleifen in mindestens zwei aufeinander folgenden Operationen durchgeführt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass in jeder Operation die Rauheitsprofile von der vorhergehenden Honschleifoperation mit einem Werkzeug (8) mit feinerem Schneidkorn abgetragen werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug (8) periodisch außer Arbeitseingriff gebracht und die Bearbeitungsstelle mit Kühlschmierstoff angeströmt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass beim Honschleifen das Werkzeug (8) mit einer Drehzahl von 250 min^{-1} bis 6000 min^{-1} rotiert.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an die Honschleifbearbeitung eine Entgratbearbeitung erfolgt, insbesondere mit Diamantsplintwerkzeugen und/oder schleifkornhaltigen Bürsten.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass im Bearbeitungsschritt der Feinbearbeitung eine axiale Zugabe des Materials am Ventilsitz (4) von ca. 20 µm bis 90 µm abgetragen wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass während des Honschleifens der zum Ausgleich einer Schräglage der Längsachse (LA) des Ventilsitzes das Werkzeug (51, 71) während er Bearbeitung mittels eines in seinem Schaft vorgesehenen Biegegelenks (50, 70) ausgelenkt wird.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Biegegelenk durch eine Einsmierung des Schaftes des Werkzeugs gebildet ist und die Auslenkung durch elastische Verformung des Biegegelenks erfolgt.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass beim Honschleifen das Werkzeug (8) und das Werkstück gegenläufig angetrieben werden.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 - 21, dadurch gekennzeichnet, dass mehrschichtige Werkzeuge verwendet werden, bei denen das Schneidkorn keramisch gebunden ist, und das Abrichten der Werkzeuge mittels einer planen Abrichtscheibe erfolgt, gegenüber deren Fläche das Werkzeug um den Winkel der mit ihm zu bearbeitenden Kegelform schräg eingestellt wird, und dass beim Abrichten Werkzeug und Abrichtscheibe gegenläufig angetrieben werden.

1 / 5





3 / 5

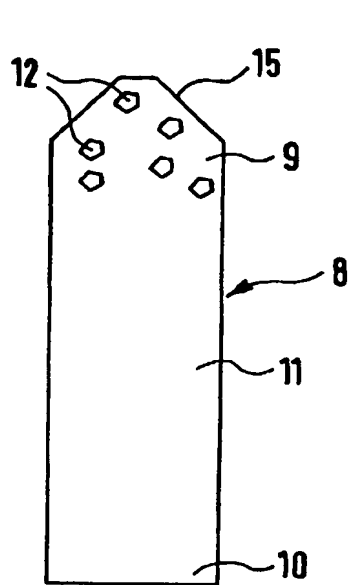


Fig. 5

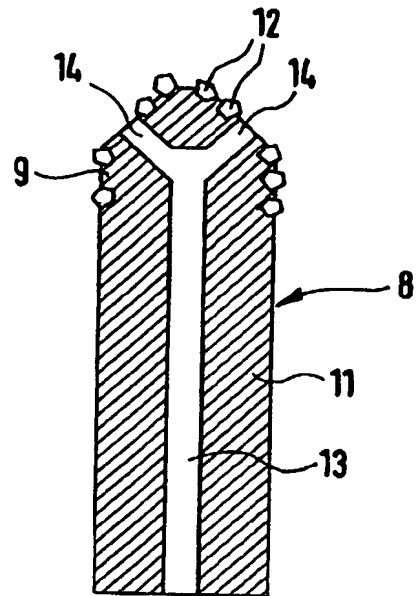


Fig. 6

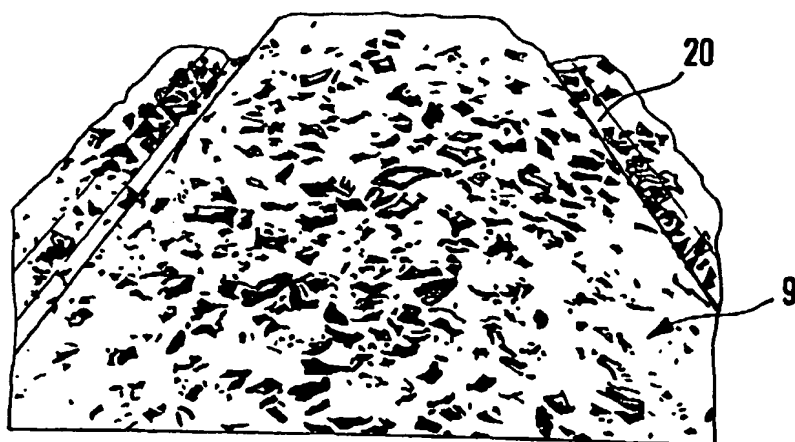
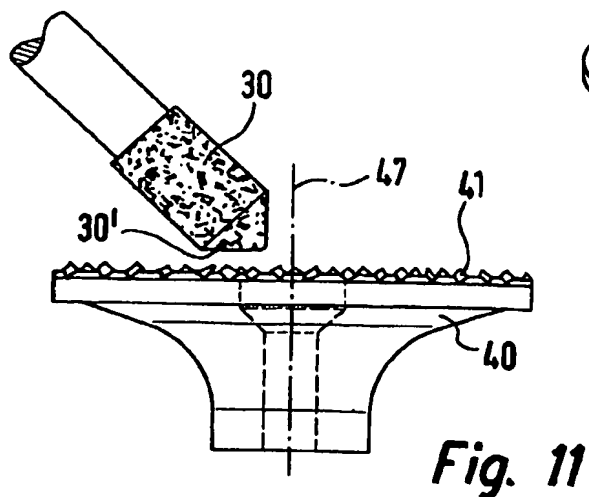
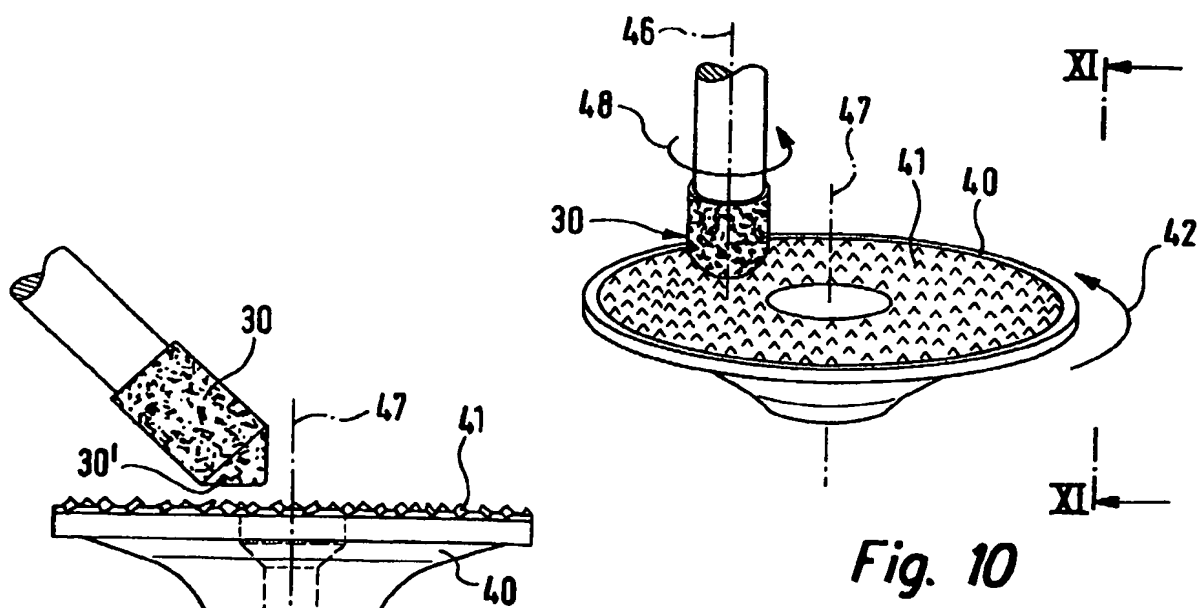
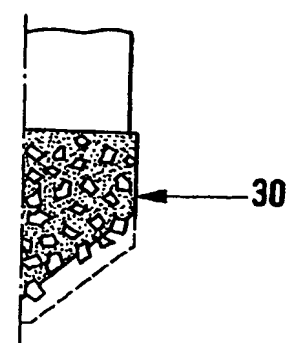
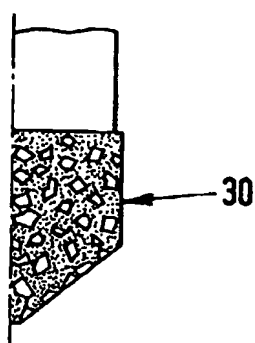
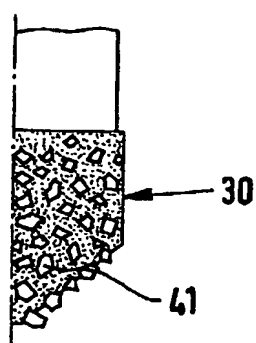
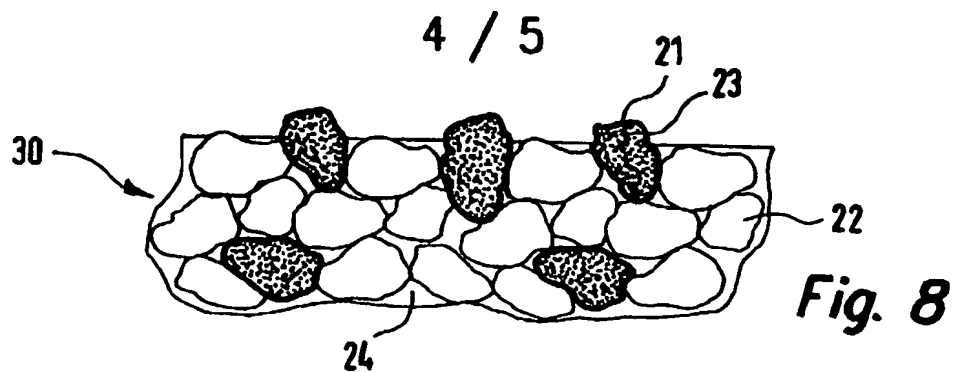


Fig. 7



5 / 5

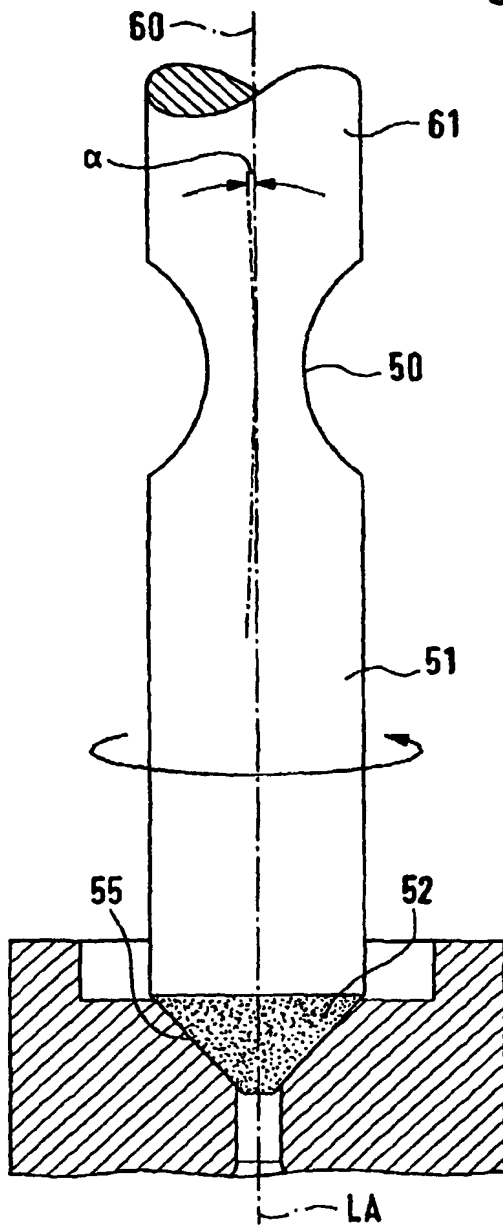


Fig. 12

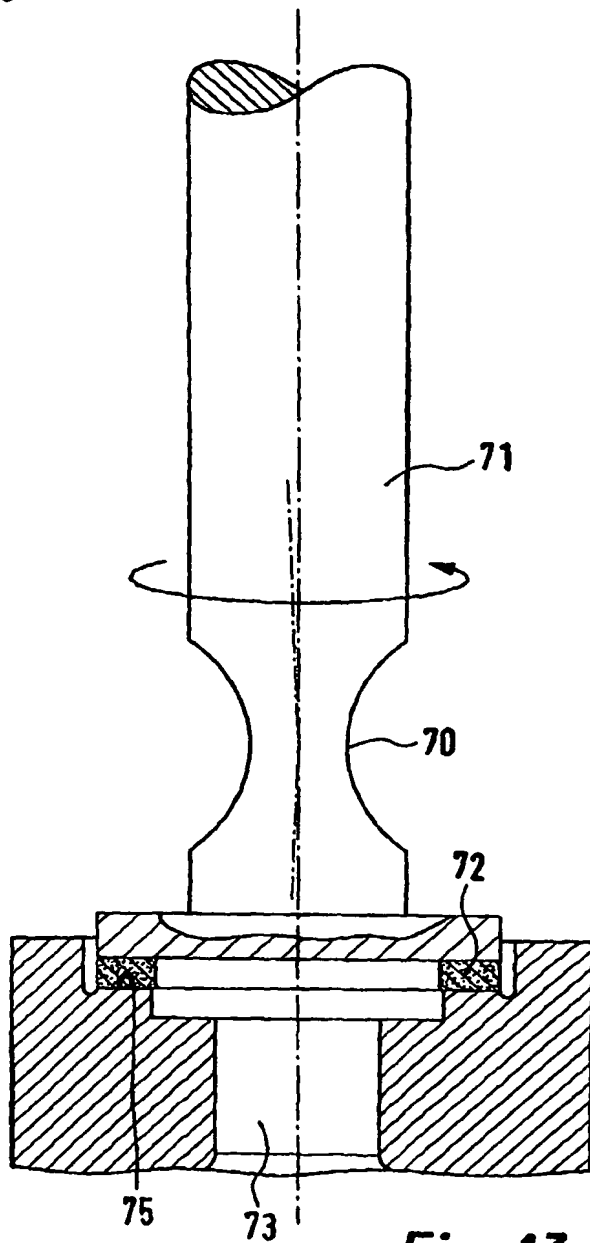


Fig. 13

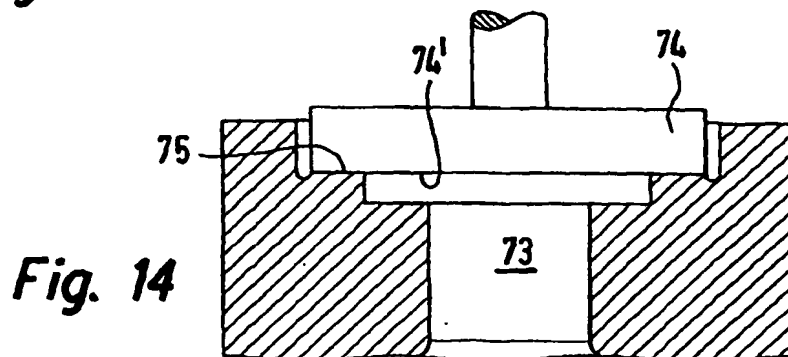


Fig. 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/007062

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B24B15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B24B B23C F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No |
|------------|---|----------------------|
| A | EP 0 955 128 B (ERNST THIELENHAUS GMBH & CO KG) 10 November 1999 (1999-11-10) cited in the application paragraphs '0001! - '0015!; figures 1-4 ----- | 1, 11 |
| A | DE 197 57 117 A (BOSCH GMBH ROBERT) 24 June 1999 (1999-06-24) cited in the application column 1, line 5 - column 5, line 51; figures 1-4 ----- | 1, 11 |
| A | US 2002/040523 A1 (GOLDAU HARALD ET AL) 11 April 2002 (2002-04-11) ----- | |
| A | US 5 954 312 A (EARNHARDT DANIEL E) 21 September 1999 (1999-09-21) ----- | |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C

☒ Patent family members are listed in annex

*** Special categories of cited documents**

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 October 2004

Date of mailing of the international search report

28/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Koller, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/007062

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0955128 | B | 10-11-1999 | US 6098958 A | 08-08-2000 |
| | | | DE 59804798 D1 | 22-08-2002 |
| | | | EP 0955128 A2 | 10-11-1999 |
| | | | US 6173494 B1 | 16-01-2001 |
| DE 19757117 | A | 24-06-1999 | DE 19757117 A1 | 24-06-1999 |
| | | | BR 9807436 A | 18-04-2000 |
| | | | WO 9932259 A1 | 01-07-1999 |
| | | | DE 59804149 D1 | 20-06-2002 |
| | | | EP 1001863 A1 | 24-05-2000 |
| | | | ES 2177104 T3 | 01-12-2002 |
| | | | JP 2001513165 T | 28-08-2001 |
| | | | US 6189816 B1 | 20-02-2001 |
| US 2002040523 | A1 | 11-04-2002 | DE 10029322 A1 | 17-01-2002 |
| | | | DE 50100742 D1 | 13-11-2003 |
| | | | EP 1166962 A1 | 02-01-2002 |
| US 5954312 | A | 21-09-1999 | CN 1214112 A , B | 14-04-1999 |
| | | | DE 69707423 D1 | 22-11-2001 |
| | | | DE 69707423 T2 | 16-05-2002 |
| | | | EP 0877885 A2 | 18-11-1998 |
| | | | JP 2000504398 T | 11-04-2000 |
| | | | WO 9728392 A2 | 07-08-1997 |
| | | | US 6035532 A | 14-03-2000 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007062

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B24B15/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B24B B23C F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | EP 0 955 128 B (ERNST THIELENHAUS GMBH & CO KG) 10. November 1999 (1999-11-10) in der Anmeldung erwähnt Absätze '0001! - '0015!; Abbildungen 1-4 ----- | 1, 11 |
| A | DE 197 57 117 A (BOSCH GMBH ROBERT) 24. Juni 1999 (1999-06-24) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 5 - Spalte 5, Zeile 51; Abbildungen 1-4 ----- | 1, 11 |
| A | US 2002/040523 A1 (GOLDAU HARALD ET AL) 11. April 2002 (2002-04-11) ----- | |
| A | US 5 954 312 A (EARNHARDT DANIEL E) 21. September 1999 (1999-09-21) ----- | |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeteilt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Oktober 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/10/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Koller, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007062

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 0955128 | B | 10-11-1999 | US 6098958 A | 08-08-2000 |
| | | | DE 59804798 D1 | 22-08-2002 |
| | | | EP 0955128 A2 | 10-11-1999 |
| | | | US 6173494 B1 | 16-01-2001 |
| DE 19757117 | A | 24-06-1999 | DE 19757117 A1 | 24-06-1999 |
| | | | BR 9807436 A | 18-04-2000 |
| | | | WO 9932259 A1 | 01-07-1999 |
| | | | DE 59804149 D1 | 20-06-2002 |
| | | | EP 1001863 A1 | 24-05-2000 |
| | | | ES 2177104 T3 | 01-12-2002 |
| | | | JP 2001513165 T | 28-08-2001 |
| | | | US 6189816 B1 | 20-02-2001 |
| US 2002040523 | A1 | 11-04-2002 | DE 10029322 A1 | 17-01-2002 |
| | | | DE 50100742 D1 | 13-11-2003 |
| | | | EP 1166962 A1 | 02-01-2002 |
| US 5954312 | A | 21-09-1999 | CN 1214112 A ,B | 14-04-1999 |
| | | | DE 69707423 D1 | 22-11-2001 |
| | | | DE 69707423 T2 | 16-05-2002 |
| | | | EP 0877885 A2 | 18-11-1998 |
| | | | JP 2000504398 T | 11-04-2000 |
| | | | WO 9728392 A2 | 07-08-1997 |
| | | | US 6035532 A | 14-03-2000 |